Aus der Medizinischen Universitäts-Poliklinik zu Halle a. S.
Direktor: Prof. Dr. med. G. Grund.

Elektrische Reizversuche zum Studium des Einflusses von Novokain auf den quergestreiften Skelettmuskel.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Medizinischen Fakultät der Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Hans Sommer

aus Bernburg.

Halle a. S. 1932.

Druck von Gustav Kunze (O. Dornblüth Nachf.), Bernburg.

Referent: Prof. Dr. Grund.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41544704_0131

Elektrische Reizversuche zum Studium des Einflusses von Novokain auf den quergestreiften Skelettmuskel.

Neben den bekannten Wirkungen des Novokains auf die sensible und motorische Nervenfaser, sowie auf das Zentralnervensystem selbst, trat das Interesse für die Wirkung auf die Muskelsubstanz lange zurück.

Von Mosso stammen die ersten Angaben über die Beeinflussung der Muskeltätigkeit durch Kokain. Er konstatierte als zentrale Wirkung bei innerlichen Gaben von 0,1 Gramm Kokain einen sehr günstigen Einfluß auf die Muskelarbeit. Es war jedoch nur die willkürliche Arbeit, die verbessert wurde, während die durch elektrische Reizung hervorgerufene Kontraktion kaum eine Einwirkung erkennen ließ.

Ferner stammt auch von Mosso die erste Angabe, daß Kokain eine reversible Lähmung des isolierten Froschmuskels zustande bringt. Alms machte die Angabe, daß Kokain den physiologischen Tonus der quergestreiften Muskulatur des Frosches aufzuheben vermag. Später wurden dann zahlreiche Untersuchungen angestellt, die die Beeinflussung nicht nur des physiologischen Tonus, sondern auch von pathologischen Verkürzungszuständen des Muskels durch Kokain zu klären suchten und vor allen Dingen durch das Kokainderivat Novokain. Mit dem letzteren sind dann die meisten, wie auch unsere Versuche gemacht.

Es sind zahlreiche Untersuchungen von pharmakologischer Seite veröffentlicht, die das antagonistische Verhalten des Novokains zu kontrakturerregenden Giften darlegten (Riesser & Neuschloß, — Schüller & Athmer, — Frank & Katz). Von neurologischer Seite sind Beobachtungen mitgeteilt, die eben-

falls den lähmenden Einfluß des Novokains auf pathologische Verkürzungszustände des Muskels nachwiesen (E. Meyer & Weiler, — A. Fröhlich & H. H. Meyer, — O. Schmiedeberg, — Liljenstrand und Magnus).

Bei Durchsicht aller bisherigen Veröffentlichungen ist zu erkennen, daß trotz der eingehenden Befunde, die erhoben worden sind, gewisse Widersprüche, sowohl in den Ergebnissen selbst, wie vor allen Dingen in ihrer Deutung immer noch bestehen.

Von Grund ist gezeigt worden, daß wir durch lumbale Novokainanästhesie Kontraktionserscheinungen am Muskel wie die Myokymie und Crampi analysieren können. Es ist auf seine Veranlassung, auch von Siems erörtert, daß sich auf diese Weise die eigenartigen Beziehungen dieser Erscheinungen zum Tonusproblem im Sinne der modernen Dualitätstheorie deuten lassen. In Fortführung dieser Versuche war gegeben, nunmehr auch die Wirkung des Novokains auf die normalen Muskeln selbst zu prüfen und zwar mit einer Methode, die in den bisherigen Untersuchungen nicht angewandt worden ist. Alle bisherigen, obengenannten Untersuchungen, soweit in ihnen die elektrische Erregbarkeit geprüft wurde, sind ohne Berücksichtigung der heutigen Kenntnisse von der Bedeutung des zeitlichen Verlaufs der elektrischen Reizströme gemacht. Es sind hier vor allen Dingen die ausgedehnten Forschungen der letzten Jahre über die Chronaxie und ihre Bedeutung für die Physiologie und Pathologie zu nennen. Die einzigen Untersuchungen über die Beeinflussung der Chronaxie unter der Einwirkung des Novokains, sind von Carotot et Regnier veröffentlicht. Diese Autoren haben aber nur die Beeinflussung des Nerven studiert.

Auf Veranlassung des Herrn Prof. Grund wurde die Frage der Einwirkungen des Novokains auf den quergestreiften Skelettmuskel erneut experimentell in Angriff genommen. Bei der Anstellung der Versuche, über die ich im Folgenden berichte, erfreute ich mich der Anleitung und Unterstützung durch Herrn Dr. Harald Siems, Oberarzt der Medizinischen Poliklinik.

Unsere Untersuchung über die wir berichten, bezieht sich sowohl auf die Nerven wie auf den Muskel selbst. In

unseren Versuchen haben wir mit rechtwinkeligen Stromstößen, deren Zeitdauer wir variieren konnten, gearbeitet. Zur Erzeugung der Stromstöße benutzten wir das Edelmann'sche Helmholtzpendel. Als Stromquelle verwandten wir Akkumulatoren, wie sie uns im Chronaxostat (nach F. H. Lewy) zur Verfügung standen. Die innere Anordnung in diesem Apparat ist so, daß der Strom von den Akkumulatoren über einen Verteiler und Stromwender zu den Stromabnahmeklemmen verläuft. Im Hauptkreis liegt ein Voltmeter, im Nebenkreis in den das Präparat eingeschaltet wurde, liegt ein Milliamperemeter. Das Letztere haben wir kurz geschlossen, da es für unsere Zwecke nicht empfindlich genug war. Die Schaltung von den Stromabnahmequellen entspricht dem von Gildemeister angegebenen Prinzip und geht aus der Zeichnung I hervor.

Vor das Präparat ist ein auswechselbarer Widerstand von 10 und 20000 Ohm geschaltet. Das Gastrocnemius-Ischiadicus-Präparat von Rana esculenta befand sich in einer großen feuchten Kammer, die es vor Austrocknen vollständig schützte.

Als Elektroden, die an den Muskel angelegt wurden, verwandten wir reine Silberdrähte, die wir unpolarisierbar machten. Die Herstellung von unpolarisierbaren Silberdrähten durch Chlorierung nahmen wir nach der von Laugier angegebenen Methode vor, indem wir einen Strom von 2 Volt einige Minuten durch physiologische Kochsalzlösung schickten, wobei die Silberdrähte die Anoden bildeten. Es ist dies eine Methode, die ursprünglich von d'Arsonval angegeben worden ist. Für die Nervenreizung haben wir einen Reizvermittler konstruiert, der ebenfalls den Angaben Laugiers entspricht. In einem kleinen Hartgummigestell befinden sich zwei parallele Silberdrähte, eingebettet in zwei feine Rinnen. Der Abstand der beiden Silberdrähte betrug 1 cm. Mittels zweier Klemmen können die Drähte in den Stromkreis eingeschaltet werden. Die Clorierung dieser Silberdrähte nahmen wir in gleicher Weise wie bei den obigen vor. Der Muskel wurde so vorsichtig wie möglich präpariert, wobei er an einem Stück des Femur gelassen wurde. Der Nerv wurde in allen Versuchen mit freipräpariert, wobei unter beständiger Berieselung mit

Ringerlösung ein Eintrocknen möglichst vermieden wurde. Der präparierte Muskel wurde in der Kammer am Femur derart aufgehängt, daß sich die Achillessehne genau über einer kleinen Oeffnung der feuchten Kammer befand. Durch diese Oeffnung wurde die Achillessehne mittels einer Schnur an einem mit 5 Gramm, nahe der Axe, belasteteten Schreibehebel befestigt. Mit diesem registrierten wir die isotonischen Zuckungen auf einem Kymographion. Wir konnten auf diese Weise stundenlang reizen, ohne daß wir es nötig hatten die feuchte Kammer zu öffnen. Die unpolarisierbaren Elektroden wurden so angebracht, daß die untere Elektrode in die Achillessehne eingehakt wurde und der obere Elektrodendraht am oberen Teil des Muskels leicht herumgelegt wurde. Der Nerv lag über dem seitlich angebrachten Reizvermittler. Die Schaltung war dabei so, daß jederzeit der Muskel direkt und indirekt gereizt werden konnte. Die Präparate hielten sich in der Kammer so gut, daß sie noch nach 24 Stunden reizbar waren. Auch die Novokainimbibition des Muskels konnten wir vornehmen, ohne die feuchte Kammer im ganzen öffnen zu müssen. Durch eine Blende an der kleinen Oeffnung, durch die die Schnur zum Schreibhebel ging, ließ sich die Oeffnung soweit erweitern, daß wir von unten ein Reagenzglas heraufführen konnten, sodaß der Muskel in die darin befindliche Lösung vollständig eingetaucht wurde. Nach der jeweils beabsichtigten Dauer der Imbibition war es nur nötig, den Silberdraht mittels Pinzette wieder einzuhaken, um sofort wieder reizen zu können.

Bei unseren Reizungen sind wir so vorgegangen, daß wir mit einer konstant eingestellten Stromspannung gereizt haben, und zwar mit einer Stromspannung von 12 Volt im Hauptkreis. In einzelnen Versuchen wurde auch mit einer Spannung von 14 Volt gearbeitet. In ein und demselben Versuch aber wurde die Spannung gleich gehalten, nur bei dem Versuche über die Einwirkung des Novokains auf den Nerven selbst, wurde mit einer geringeren Spannung, und zwar mit 4 Volt, gereizt. Im Nebenkreis, in dem die Reizung des Gastrocnemius-Ischiadicus-Präparats erfolgte, befand sich ein vorgeschalteter Widerstand. In diesem Nebenkreis blieb

also die Spannung und damit auch die im Augenblick der Reizung gegebene Stromintensität konstant.

Es kam uns bei den Versuchen zunächst nicht darauf an, die eigentliche Chronaxie im Sinne von Lapicque zu bestimmen, wobei wir den doppelten Schwellenwert (Rheobase Lapicque's) zu verwenden gehabt hätten. Es kam uns vielmehr darauf an, die Veränderungen des Muskels zu erkennen bei einer gegebenen Stromspannung, bei welcher aber die Zeiten, die der Strom von gegebener Stärke fließen muß, verändert wurden. Die Auslösung der Zuckung und die zeitliche Begrenzung des Stromstoßes wurde durch Niederschlagen zweier Kontakte durch das Pendel erzielt. Der erste Kontakt öffnete einen Kurzschluß, wodurch der Strom in den Präparatkreis floß, der zweite Kontakt öffnete diesen Stromstoß.

Im Folgenden geben wir nach unseren Versuchsprotokollen die mit dieser Methodik erzielten Ergebnisse wieder. In dem ersten wiedergegebenen Versuch betrachten wir zunächst die Verhältnisse, die sich nach der Novokainimbibition bei indirekter Reizung nachweisen lassen.

Versuchsprotokoll Nr. 10.

(Reizversuche am Gastrocnemius-Präparat von Rana esculenta, Raumtemperatur 15° C.).

Dem Präparat sind 20000 Ohm vorgeschaltet. Der Mindestzeitwert für die indirekte Reizung (Nervus Ischiadicus) bei 12 Volt betrug 0,08 Sigma (1 Sigma = 1/000 Sekunde). Zunächst ist die Zuckungsform und die Zuckungshöhe bei verschiedenen Zeitwerten registriert, wobei wir auf- und absteigenden Strom gesondert beobachteten. Absteigender Strom ist als — Kathode unten —, aufsteigender Strom als — Kathode oben — (K. u. und K. o.) bezeichnet. Vor der Muskelimbibition fanden wir eine Zuckungshöhe von:

3,3	cm	bei	0,08	Sigma	K. o.
3,3	„	„	0,3	„	K. u.
3,3	„	„	0,3	„	K. o.
3,3	„	„	0,7	„	K. u.
3,3	„	„	0,7	„	K. o.

3,3 cm bei 1,7 Sigma K. u.
3,3 „ „ 1,7 „ K. o.

Die entsprechenden Zuckungskurven sind in nebenstehender Tafel I als Zuckung Nr.: 1—8 wiedergegeben.

Der Muskel wurde von 6.45—6.55 Uhr in eine 1%ige Novokainringerlösung getaucht. Diese Lösung hatte eine $_{p}^{h}$ von minus 5,85 (Bestimmung nach Michaelis).

Im Folgenden sind die Zuckungen im Verlauf der Beobachtung zeitlich geordnet wiedergegeben. Wir fanden:

7,05 Uhr 2,0 cm bei 0,08 Sigma K. u.
1,8 „ „ 0,08 „ K. o.
1,9 „ „ 0,3 „ K. u.
1,5 „ „ 0,3 „ K. o.
1,6 „ „ 0,7 „ K. u.
1,5 „ „ 0,7 „ K. o.

Diese Zahlen entsprechen den Kurven 9—14, Tafel I.

7,15 Uhr 1,2 cm bei 0,08 Sigma K. u.
1,1 „ „ 0,08 „ K. o.
1,0 „ „ 0,3 „ K. u.
0,9 „ „ 0,3 „ K. o.
0,9 „ „ 0,7 „ K. u.
0,8 „ „ 0,7 „ K. o.
0,8 „ „ 1,7 „ K. u.
0,5 „ „ 1,7 „ K. o.

Auf Tafel I sind hiervon in Nr.: 15; 16; 17 und 18 die Zuckungen wiedergegeben.

7.25 Uhr 0,4 cm bei 0,08 Sigma K. u.
0,3 „ „ 0,08 „ K. o.
0,4 „ „ 0,3 „ K. u.
0,3 „ „ 0,3 „ K. o.
0,3 „ „ 0,7 „ K. u.
0,3 „ „ 0,7 „ K. o.
0,3 „ „ 1,7 „ K. u.
0,2 „ „ 1,7 „ K. o.

Auf Tafel I sind hiervon die Zuckungen Nr.: 19; 20 und 21 wiedergegeben. Aus diesen Zahlen und den beigefügten

Kurvenbildern geht das Verhalten des Muskels nach Novokainimbibition bei indirekter Reizung hervor. Wir sehen einmal, daß die Zuckungshöhen fortlaufend niedriger werden. Die Form der Zuckungskurve verändert sich nicht. Es ändert sich in der Erregbarkeit insofern nichts, als wir mit dem ursprünglichen Mindestzeitwert, solange wir überhanpt noch eine Zuckung erhalten, mit diesem Mindestzeitwert noch eine, wenn auch nur geringe Zuckung erhalten. An der Einstellung in der Apparatur wurde nichts geändert. Die Vorgeschalteten Widerstände und die Abnahmespannung von 12 Volt blieb konstant im Versuch. Wir können aber ein Absinken der indirekten Erregbarkeit insofern feststellen, als die Zuckungen immer niedriger werden; soweit der Zeitwert allein für die gegebene Stromspannung berücksichtigt wird, ist ein Nachlassen der Erregbarkeit nicht festzustellen.

Dieses Ergebnis konnten wir in über 20 durchgeführten Versuchen stets nachweisen, wobei wir aber in einzelnen Beobachtungen bei noch längerer Fortdauer des Experimentes ein völliges Verschwinden der indirekten Erregbarkeit gefunden haben, was offenbar auf eine Nachwirkung des Novokains zurückzuführen ist.

In den einzelnen Versuchsprotokollen sind die Veränderungen der Erregbarkeit bei direkter Muskelreizung wiedergegeben, daneben die gleichzeitige Prüfung der indirekten Erregbarkeit.

Versuchsprotokoll Nr. 11.

(Reizversuche am Gastrocnemius — Ischiadicus — Präparat von Rana esculenta, Raumtemperatur 15°).

Vorgeschaltet 20000 Ohm, Schwellenwert für Dauerströme bei 7 Volt K. o. und K. u., Zeitschwellenwert für 14 Volt 0,4 Sigma bei Muskelreizung Kathode oben, 0,5 Sigma Kathode unten. Zuckungshöhen mit 14 Volt:

1,3 cm bei 0,7 Sigma K. o.
2,1 „ „ 0,7 „ K. o.
2,2 „ „ 0,9 „ K. o.
2,3 „ „ 1,3 „ K. o.

2,5 cm bei 3,7 Sigma K. o.
2,6 „ „ 7,7 „ K. o.

Imbibition in 1 %iger Novokainlösung von 11.50—12 Uhr.

12,05 Uhr 0,0 cm bei 0,4 Sigma K. o.
0,0 „ „ 0,7 „ K. o.
1,1 „ „ 1,7 „ K. o.
12,15 „ 0,4 „ „ 2,7 „ K. o.
0,4 „ „ 3,7 „ K. o.
12,20 Uhr 0,0 „ „ 6,0 „ K. o.
0,0 „ „ 8,0 „ K. o.
0,0 „ „ 11,0 „ K. o.
0,3 „ „ 216,0 „ K. o.

12.50 Uhr Es wird mit der Spannung heraufgegangen auf 30 Volt.

0,3 cm bei 9,7 Sigma K. o.
0,5 „ „ 11,7 „ K. o.
0,9 „ „ 216,0 „ K. o.

Aus folgenden Daten ist noch zu erkennen, wie sich der Muskel gleichzeitig bei indirekter Reizung verhält. Es fand sich bei Reizung des Nervus Ischiadicus folgende Zuckungshöhe:

bei 12 Volt 0,1 Sigma 3,0 cm K. o.
„ 12 „ 0,1 „ 3,0 „ K. u.

Imbibition von 11.50—12.00 Uhr.

12.05 Uhr bei 12 Volt 0,1 Sigma = 2,5 cm K. o.
„ 12 „ 0,1 „ = 2,5 „ K. u.
12.30 Uhr „ 12 „ 0,1 „ = 0,6 „ K. o.
„ 12 „ 0,1 „ = 0,6 „ K. u.
„ 12 „ 0,3 „ = 0,5 „ K. o.
„ 12 „ 0,3 „ = 0,4 „ K. u.

12.50 Uhr Vom Nerven aus keine Zuckung, auch bei stärksten Strömen nicht zu erzielen.

Aus diesen Versuchen sehen wir, daß 5 Minuten nach der Imbibition schon der Sigmawert des Muskels angestiegen war, $^1/_4$ Stunde nach der Imbibition bekommt man mit 2,7 Sigma nur eine geringe Zuckung und 20 Minuten danach

war die Erregbarkeit soweit herabgesetzt, daß mit 11,0 Sigma gar keine Zuckung, wohl aber noch mit einem Dauerstrom (216,0 Sigma) eine geringe Zuckung ausgelöst wurde. Geht man mit der Spannung herauf, dann wurde die gleiche Zuckungshöhe bei niedrigerem Sigmawert gefunden. Aus dem nächsten Versuchsprotokoll geht noch mehr das Verhalten des Muskels, wenn die Reizung der Kathode in seinem proximalen Teil erfolgt, in ähnlicher Weise hervor. (Abkürzung Kathode oben = K. o.; Kathode unten = K. u.).

Versuchsprotokoll Nr. 12. (I. Teil)

Schwellenwert für Dauerströme 9 Volt, Zeitschwellenwert bei 12 Volt 0,3 Sigma.

	1,5	cm	bei	0,3 Sigma	K. o.
	2,0	„	„	0,7 „	K. o.
	2,3	„	„	1,0 „	K. o.
	2,4	„	„	1,7 „	K. o.

Muskelimbibition von 7.25—7.35 Uhr in 1%iger Novokainlösung:

7.50 Uhr	0,9	cm	bei	1,7 Sigma	K. o.
	0,7	„	„	3,7 „	K. o.
	0,8	„	„	7,7 „	K. o.
8.00 Uhr	0,6	„	„	11,7 „	K. o.
	1,1	„	„	23,7 „	K. o.
	1,3	„	„	47,7 „	K. o.
8.10 Uhr	1,1	„	„	216,0 „	K. o.

Geht man jetzt mit der Spannung auf 20 Volt:
1,2 cm bei 216,0 Sigma K. o.

(Beginn der doppelgipfeligen Kurven).
Auf 30 Volt:
1,3 cm bei 216,0 Sigma (stärkerer Doppelgipfel).

Auch hier zeigt sich, daß die Zuckungen unmittelbar nach der Imbibition sofort geringer werden. Die genaue Grenze an einem bestimmten Zeitpunkt geht noch klarer aus Protokoll Nr. 14. hervor.

Aus **Versuchsprotokoll Nr. 14.** (I. Teil).

geben wir des weiteren die Verhältnisse bei gleichartiger Reizung wie in den vorhergehenden Versuchen wieder. Der Schwellenwert für Dauerströme bei direkter Reizung Kathode oben liegt bei 5 Volt. Bei 12 Volt liegt der Mindestzeitwert bei 0,9 Sigma.

2,2 cm bei 0,9 Sigma K. o.
2,2 „ „ 1,7 „ K. o.
2,7 „ „ 3,7 „ K. o.

Von 7.20—7.30 Uhr wurde der Muskel völlig in eine 1%ige Novokainlösung eingetaucht.

7.40 Uhr	0,0 cm	bei	0,9	Sigma	K. o.
	0,0 „	„	2,7	„	K. o.
7.50 Uhr	0,0 „	„	7,7	„	K. o.
	0,0 „	„	11,0	„	K. o.
8.00 Uhr	0,0 „	„	11,0	„	K. o.
	0,3 „	„	30,0	„	K. o. (schnelle Zuckung)
	0,7 „	„	216,0	„	K. o.

Jetzt wird mit der Spannung auf 20 Volt heraufgegangen.

8.10 Uhr 1,1 cm bei 30,0 Sigma K. o.
1,2 „ „ 216,0 „ K. o.

Nach diesem Protokoll dürfte der Grenzwert ungefähr bei 20 Sigma sein.

Aus Versuchsprotokoll Nr. 16, das nachher noch bei gemeinsamer Betrachtung von auf- und absteigendem Strom mitgeteilt wird, ergibt sich, daß die Zeitschwelle in dem Versuch für Kathode oben nach 30 Minuten ungefähr bei 10 Sigma liegt.

Im Folgenden geben wir die Verhältnisse wieder, wie wir sie bei absteigenden Strömen gefunden haben nach Versuchsprotokoll Nr. 13.

Wir fanden in diesem Versuch:

1,4 cm bei 0,3 Sigma K. u. 12 Volt
1,9 „ „ 0,7 „ K. u. „
2,0 „ „ 1,7 „ K. u. „

5 Minuten nach der Imbibition wurde mit dem ursprünglichen Mindestzeitwert noch eine Zuckungshöhe von 0,4 cm er-

reicht; 15 Minuten nach der Imbibition wurde mit diesem Zeitwert gar keine Zuckung mehr erzielt; 20 Minuten nach der Imbibition wurde mit 0,7 Sigma eine kleine Zuckung von 0,2 cm Höhe erreicht; 35 Minuten nach der Imbibition wurde eine nur eben sichtbare, noch nicht 1 mm betragende Zuckungshöhe mit diesem Zeitwert beobachtet. 55 Minuten nach der Imbibition wurde die erste wahrnahmbare Zuckung mit 8 Sigma erzielt. Zu dieser Zeit wurde mit 10 Sigma eine Zuckungshöhe von 0,3 cm erzielt.

Betrachten wir also in diesem Versuch Nr. 13 die Verhältnisse bei absteigendem Strom, so sehen wir, daß der Einfluß auf die Zuckungshöhe noch größer ist. Gleichzeitig sehen wir ein Ansteigen der Sigmawerte. Betrachten wir die Verhältnisse gegen Schluß des Versuches, so sehen wir, daß wir erst mit 10 Sigma eine Zuckungshöhe von 0,3 cm erzielen. Die hiermit zu erzielende Zuckung zeigt nun aber deutlich einen trägen Verlauf. Zur Demonstration des Trägerwerdens der Zuckung möchten wir noch kurz das Versuchsprotokoll Nr. 14 wiedergeben.

Kathode unten im Protokoll bedeutet, daß die Kathode sich am distalen Teil des Muskels befindet.

Versuchsprotokoll Nr. 14 (II. Teil).

(Reizversuch am Gastrocnemius-Präparat von Rana esculenta, Raumtemperatur 15°).

Der Schwellenwert für Dauerströme bei direkter Reizung Kathode unten liegt bei 3 Volt; bei 12 Volt liegt der Mindestzeitwert bei 0,3 Sigma. Bei 1,7 Sigma haben wir eine Zuckungshöhe von 1,2 cm. Diese Zuckung ist in beistehender Tafel III als Zuckung Nr. 1 ersichtlich. Zuckung Nr. 2 ist mit gleichen Verhältnissen erzielt bei Reizung Kathode oben.

Der Muskel wird von 7.20—7.30 Uhr in eine 1% ige Novokainringerlösung p^h — minus 5,85) getaucht.

Aus folgenden Zahlen ergeben sich die Zuckungshöhen, die bestimmten Zeitwerten entsprechen:

7.30 Uhr 0,5 cm bei 3,7 Sigma K. u.
7.55 „ 0,2 „ „ 1,0 „ K. u.

7.45	Uhr	0,3	cm	bei	3,7	Sigma	K. u.
7.50	„	0,1	„	„	7,7	„	K. u.
8.00	„	0,3	„	„	23,0	„	K. u.
8.10	„	0,1	„	„	12,0	„	K. u.
		0,3	„	„	216,0	„	K. u.

In beiliegender Tafel III ist die Zuckung 3 mit 12 Sigma und Zuckung 4 mit 216,0 Sigma wiedergegeben. Besonders die Zahlen am Schlusse des Versuchs zeigen, welche hohe Sigmawerte zur Erreichung minimaler Zuckungen erforderlich sind, wobei die Zuckungen gleichzeitig äußerst flach bleiben. In diesem Zustand ist die untere Grenze für den Zeitwert infolge der Flachheit der Zuckungskurve nur schwierig festzustellen. Um 8.10 dürfte sie bei 12,0 Sigma liegen, steigt man dann mit der Sigmazahl auf den hohen Wert von 216,0 Sigma, so wird dadurch die Zuckung nur wenig größer. Eine größere Zuckung ist mit dieser Spannung auch bei größerer Zeitdauer nicht zu erzielen. Das Ansteigen des Schwellenwertes mit Dauerströmen geht aus Folgendem hervor: der Schwellenwert vor der Imbibition betrug 3 Volt, 25 Minuten nach der Imbibition 7 Volt, 35 Minuten nach der Imbibition 9 Volt.

Steigt man nun mit der Spannung an auf 20 Volt und reizt mit 216,0 Sigma, so erhält man eine langausgezogene Zuckung wie sie in Tafel III, Nr. 7 angegeben ist. Gleichzeitig erkennt man, daß der Muskel nicht mehr zur Grundlinie zuruckkehrt. Gibt man mehrere Stöße hintereinander, so verkürzt sich der Muskel immer mehr. Die Erschlaffung in diesem Zustande ist nicht mehr schnell vollständig möglich. (Fig. 8, Taf. III.) Die Änderungen in der indirekten Erregbarkeit während dieser Versuche zeigt sich in Folgendem.

Vor der Imbibition: bei 12 Volt 0,1 Sigma, 3,0 cm K. o.
„ 12 „ 0,1 „ 3,0 „ K. u.

Imbibition von 7.20—7.30 Uhr:

7.30	Uhr	bei	12	Volt	0,1	Sigma,	2,0 cm	K. o.
	„		12	„	0,1	„	2,0 „	K. u.
7.50	Uhr	bei	12	Volt	0,1	Sigma	1,3 cm	K. o.
	„		12	„	0,1	„	1,3 „	K. u.

8.00 Uhr bei 12 Volt 0,1 Sigma 0,2 cm K. o.
„ 12 „ 0,1 „ 0,2 „ K. u.
8.20 Uhr der Nerv ist unerregbar geworden.

Im Folgenden möchten wir noch die Verhältnisse wiedergeben, aus denen das gleichzeitig verschiedene Verhalten bei Reizung Kathode oben und unten hervorgeht.

Versuchsprotokoll Nr. 12. (II. Teil).

(Reizversuch am Gastrocnemius-Präparat von Rana esculenta, Raumtemperatur 15°).

Der Schwellenwert für Dauerströme des Muskels bei Kathode unten beträgt 6 Volt, bei Kathode oben 9 Volt. Der Minimalzeitwert mit 12 Volt für Kathode oben beträgt 0,3 Sigma, für Kathode unten 1,0 Sigma.

Der Zeitschwellenwert für Nervenreizung liegt bei 12 Volt bei 0,1 Sigma.

1,5 cm bei 0,3 Sigma K. o.
2,0 „ „ 0,7 „ K. o.
2,3 „ „ 1,0 „ K. o.
1,2 „ „ 1,0 „ K. u.
2,4 „ „ 1,7 „ K. o.
1,7 „ „ 1,7 „ K. u.

Der Muskel wurde von 7.25—7.35 Uhr in eine 1%ige Novokainlösung eingetaucht. 7.38 Uhr Nervenreizzeitwert wie vorher 0,1 Sigma.

7.50 Uhr 0,9 cm bei 1,7 Sigma K. o. (Muskelreiz), keine Zuckung bei Kathode unten.

Von 7.50—8.00 Uhr wird schrittweise die untere Grenze gesucht, bei der man eine Zuckung für Kathode unten erhielt. Diese fand sich bei ca 24 Sigma, wobei die Zuckungshöhe nur 1 mm betrug und äußerst träge verlief.

Steigt man nun mit der Sigmazahl langsam an bis zu dem höchsten einstellbaren Wert von 216,0 Sigma, so erhält man eine 1 mm hohe träge Zuckung, während man mit dem gleichen Wert Kathode oben eine Zuckungskurve von normalen Typ in der Höhe von 1,1 cm erhält. (Tafel IV. Zuckung 1).

Die Aenderung der indirekten Erregbarkeit während dieses Versuches zeigt sich im Folgenden:

Nervenreizung vor der Imbibition:

bei 12 Volt 0,1 Sigma 2,6 cm K. o.
„ 12 „ 0,1 „ 2,6 „ K. u.

Imbibition von 7.25—7.35.

7.38 Uhr bei 12 Volt 0,1 Sigma 2,0 cm K. o.
„ 12 „ 0,1 „ 1,9 „ K. u.
7.50 Uhr „ 12 „ 0,1 „ 0,3 „ K. o.
„ 12 „ 0,1 „ 0,3 „ K. u.
„ 12 „ 3,7 „ 0,0 „ K. o.
„ 12 „ 3,7 „ 0,3 „ K. u.
9.08 Uhr Der Nerv ist unerregbar geworden.

Wir haben also gesehen, daß mit 12 Volt und 214,0 Sigma nur eine ganz minimale Zuckung zu erzielen ist. Wir sind deswegen im weiteren Verlauf mit der Spannung heraufgegangen auf 20 Volt und 216,0 Sigma. Damit erhält man eine Zuckung von 0,2 cm Höhe, wie sie in Tafel IV. Zuckung Nr. 2 abgebildet ist. Zuckung Nr. 3 ist bei gleichen Werten mit Kathode oben gemacht. Die Gegenüberstellung von 2 und 3 ergibt deutlich den Unterschied. Genau die gleiche Gegenüberstellung sehen wir in Zuckung Nr. 4 und 5, Tafel IV, die beide gemacht sind mit noch höherer Spannung (20 Volt bei gleichhohem Sigmawert).

Steigt man nun noch höher an auf 40 Volt, so haben wir die Zuckungen Tafel IV, Nr. 6 und 7, wobei Nr. 6 mit Kathode oben und Nr. 7 mit Kathode unten gemacht wurde.

Von Zuckung Nr. 3—7 sehen wir, daß nunmehr auch die Zuckung bei Kathode oben in ihrer Form abgewandelt ist, wobei aber der Anstieg steil ist, nur die Erschlaffung erfolgt nicht prompt im ganzen Verlauf. Man sieht, daß ab einem gewissen Punkt die Erschlaffung gehemmt ist und langsam verläuft.

Aus Versuchsprotokoll Nr. 16a geht ferner das gleichzeitige Verhalten von Kathode oben und Kathode unten hervor.

Versuchsprotokoll Nr. 16a.

(Reizversuch am Gastrocnemius-Präparat, Raumtemperatur 15°.)

10000 Ohm sind vorgeschaltet. 11.55 Uhr Schwellenwert bei Muskelreizung für Dauerstrom (Kathode oben 4 Volt, bei Kathode unten 4½ Volt). Bei 12 Volt Zeitschwellenwert bei 0,22 Sigma, bei Kathode oben, 0,28 Sigma bei Kathode unten.

Nr.	1.	0,7 cm	bei	0,22	Sigma	K. u.
„	2.	1,5 „	„	0,28	„	K. o.
„	3.	1,7 „	„	0,3	„	K. u.
„	4.	1,4 „	„	0,3	„	K. o.
„	5.	2,0 „	„	0,4	„	K. u.
„	6.	1,5 „	„	0,4	„	K. o.
„	7.	2,0 „	„	0,5	„	K. u.
„	8.	1,5 „	„	0,5	„	K. o.

Muskelimbibition von 12.24—12.34 Uhr. Der Muskel wird ganz eingetaucht, der Nerv ist völlig abgeschnitten.

12,45 Uhr 0,2 cm bei 0,3 Sigma K. u.
0,0 „ „ 0,3 „ K. o. (keine Zuckung bei dem gleichen Sigmawert).

12.40—12.50 Uhr ist bei Kathode oben erst mit 4 Sigma eine Zuckung von 1,4 cm zu erzielen. Mit der gleichen Sigmazahl ergibt Kathode unten eine Zuckung auch von 1,4 cm Höhe.

Um 1.00 Uhr liegt die Zeitschwelle für Kathode unten bei 3,6 Sigma, Kathode oben zu gleicher Zeit mit 4,0 Sigma keine Zuckung.

Um 1.15 Uhr ist die Zeitschwelle für Kathode unten ungefähr bei 10 Sigma. Zu dieser Zeit ergibt 10 Sigma Kathode unten eine 2 mm hohe äußerst flache Kurve. Im gleichen Zeitpunkt mit gleichem Sigmawert gemachte Zuckung, Kathode oben, ergibt keine flache Kurve. Die Zuckung ist hierbei aber auch nur 0,2 cm hoch.

Der Unterschied in der Zuckungsform zu diesem Zeitpunkt ist deutlich. Beide Zuckungen werden mit 216,0 Sigma gemacht. Kathode oben beträgt 1.5 cm und zeigt eine schnelle

und steile Zuckung. Kathode unten 0,3 Sigma und ist flach und langsam. Dieser Zustand ist 1.50 Uhr noch genau so.

Beim Heraufgehen auf eine Spannung von 20 Volt ist in diesem Versuch ein Doppelgipfel nicht zu erzielen. Man erhält mit Kathode oben bei 20 Volt eine Zuckung von 3,3 cm, und bei Kathode unten 1,1 cm.

Dieser Versuch bestätigt einmal, daß die Einwirkung auf die Zuckungshöhe bei Kathode unten stärker ist als bei Kathode oben. Ferner, daß es gelingt, im Verlaufe der Zeit von Kathode unten eine träge Zuckung auszulösen, während gleichzeitig der Sigmawert erhöht ist. Die Einwirkung auf Kathode oben war in diesem Fall noch stärker, insofern als auch hier der Zeitwert erhöht war. Von Kathode oben konnten aber keine trägen Zuckungen ausgelöst werden.

In Anbetracht des verschiedenen Verhaltens des Muskels bei Reizung mit auf- und absteigenden Strömen haben wir noch zur Klärung der Verhältnisse den Einfluß des Novokains auf die Nerven untersucht. Die gefundenen Ergebnisse sind aus Protokoll Nr. 15 ersichtlich.

Versuchsprotokoll Nr. 15.

(Reizversuch am Gastrocnemius-Ischiadicus-Präparat von Rana esculenta, Raumtemperatur 15°.)

Der Schwellenwert für Dauerströme mit Kathode unten beträgt 1 Volt, Kathode oben 2 Volt. Für 4 Volt betrug der Mindestzeitwert Kathode unten 0,14 Sigma und Kathode oben 0,2 Sigma. Die Zuckungshöhen sind Folgende:

1,3	cm	bei	0,14	Sigma	K. u.	bei	4	Volt
1,4	„	„	0,15	„	K. u.	„	4	„
1,8	„	„	0,18	„	K. u.	„	4	„
1,9	„	„	0,2	„	K. u.	„	4	„
1,2	„	„	0,2	„	K. o.	„	4	„
2,1	„	„	0,25	„	K. u.	„	4	„
1,3	„	„	0,25	„	K. o.	„	4	„
2,1	„	„	0,3	„	K. u.	„	4	„
2,0	„	„	0,3	„	K. o.	„	4	„

Von 7.03—7.13 Uhr wurde der Nerv in eine 1 %ige Novokainlösung getaucht. Nach Imbibition war der Schwellenwert unverändert. Der Zeitwert für Kathode unten war auf 0,12 Sigma erniedrigt. Man erzielt:

2,4 cm bei 0,12 Sigma K. u. bei 4 Volt
2,3 „ „ 0,2 „ K. o. „ 4 „

Der Mindestzeitwert für Kathode oben wurde jetzt bei 0,18 Sigma gefunden. Es ergibt sich hieraus ein Geringerwerden der Chronaxiewerte.

Von 7.53—8.02 Uhr wurde der Nerv in eine 0,5 %ige Novokainlösung getaucht. Danach finden wir die Rheobase unverändert.

0,8 cm bei 0,12 Sigma K. u. bei 4 Volt
2,2 „ „ 0,14 „ K. u. „ 4 „
2,4 „ „ 0.14 „ K. o. „ 4 „

Auch jetzt hat die Verminderung der Chronaxie angehalten.

Von 8.26 Uhr 2,2 cm bei 0,14 Sigma K. o. bei 4 Volt
1,4 „ „ 0,12 „ K. u. „ 4 „
0,7 „ „ 0,2 „ K. o. „ 4 „

Von 7.38—7.48 wurde der Nerv in eine 1 %ige Novokainlösung getaucht.

1,3 cm bei 0,16 Sigma K. u. bei 4 Volt
1,7 „ „ 0,18 „ K. u. „ 4 „
2,1 „ „ 0,2 „ K. u. „ 4 „
3,0 „ „ 0,3 „ K. u. „ 4 „
0,4 „ „ 0,3 „ K. o. „ 4 „

9.18 Uhr Prüfung der Rheobase. Grenze Kathode unten für Dauerstrom bei 1,5 Volt, Grenze Kathode oben bei 3 Volt liegend Dauerstrom. Prüft man mit dem doppelten Wert hiervon (6 Volt) die Chronaxie, so findet man 1,7 cm bei 0,14 Sigma Kathode unten und bei 0,8 cm 0,16 Sigma Kathode oben.

Es findet sich also bei der letzten Imbibition des Nerven einmal ein Ansteigen des Schwellenwertes für Dauerströme von 1 Volt Kathode unten und 2 Volt Kathode oben, auf 1,5—2 Volt für Kathode unten und 3 Volt für Kathode oben.

Sodann findet sich ein Absinken des Mindestzeitwertes für den doppelten Schellenwert.

Die Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit, die sich an Muskel nach einer 10minutigen Imbibition mit Novokain nachweisen lassen, sind sehr komplizierter Art. Es verhält sich die indirekte Erregbarkeit anders als die direkte und hierbei wieder kommt es darauf an, an welchem Teil des Muskels die kathodische Reizung erfolgt. Die Veränderung der indirekten Erregbarkeit kommt durch ein Kleinerwerden der Zuckungshöhen zum Ausdruck. Es läßt sich mit minimalen Zeitwerten eine Zuckung erzielen, aber die demselben Zeitwert entsprechende Muskelzuckung ist nach der Imbibition wesentlich geringer als vor der Imbibition. Das Ansteigen des Zeitschwellenwertes, d. h. des Zeitwertes, der gerade noch genügt, um noch eine Zuckung auszulösen, erfolgt aber nicht. Hierzu steht das Verhalten bei direkter Reizung in einem starken Gegensatz. Es nimmt auch hier die Zuckungshöhe nach der Imbibition sofort ab und zwar auch hier wie bei der indirekten prägt sich diese Abnahme der Zuckungshöhe mit der Dauer nach der Imbibition immer stärker aus. In einzelnen Versuchen, die lange fortgesetzt wurden, fand sich auch ein vollständiges Erloschensein der indirekten Erregbarkeit. Die direkte Erregbarkeit aber erlischt nicht. Die Zeiten, die erforderlich sind, um noch eine Zuckung zu erhalten, nehmen mit der Dauer nach der Imbibition zu. Dieses ist am ausgeprägtesten, wenn im Augenblick der Reizung die Kathode am distalen Teil des Muskels angelegt ist. Hier fanden wir stets hohe Zeitschwellenwerte, meistens Werte um 10 Sigma. Dieser Wert aber stellte sich nicht unmittelbar nach der Imbibition ein, sondern meist erst 20 Minuten bis $^1/_2$ Stunde danach. Bei der direkten Erregbarkeit zeigte sich nach der Imbibition darin eine besondere Eigentümlichkeit, daß man 2 Typen der Zuckungsform finden konnte. Bei Kathode oben stets den Typ einer schnellen Zuckung mit steilem Anstieg und steilem Abstieg. Bei Kathode unten ließ sich nun stets eine träge Zuckung auslösen. Dieser Typ war ein durchaus anderer. In einem Fall gelang es uns auch noch einen

dritten Typ der Zuckungsform auszulösen mit einem steilen Anstieg der Zuckungskurve. Der Abstieg war auch zunächst steil, dann kam noch eine langsame Zuckung, bezw. ein träger Abfall der Kurve hinzu. Ohne den Ausführungen etwas vorweg zu nehmen, können wir diesen Typ ohne weiteres als einen doppelgipfeligen bezeichnen.

Die Nervenimbibition hatte wiederum ein ganz verschiedenes Ergebnis. Reizte man auch hier mit überschwelligen Werten, so ließ sich hier weder ein Geringerwerden der Zuckungshöhe, noch eine Zunahme der Mindestzeitwerte nachweisen, im Gegenteil die Zuckungshöhen waren eher noch beträchtlicher bei niedrigen Zeitwerten und es konnten danach sogar Zuckungen mit geringeren Zeitwerten ausgelöst werden. Also können wir hier sogar von einem Geringerwerden der Zeitwerte sprechen.

Es sind bisher keine Untersuchungen angestellt worden, bei denen die Erregbarkeitsveränderungen des Muskels nach Novokainimbibition mit rechtwinkeligen Stromstößen von verschiedener Zeitdauer verfolgt worden sind. Es lassen sich also direkte Vergleiche mit anderen Untersuchungen nicht ziehen. Es sind ausschließlich chronaximetrische Untersuchungen über die Wirkung des Novokains und Kokains auf die motorische und sensible Nervenfaser gemacht. Die von Cardot und Regnier mitgeteilten Versuche über die motorischen Nerven, die hier ausschließlich interessieren, können wir mit unseren Ergebnissen am ehesten vergleichen. Es ist dabei aber zu bemerken, daß Cardot und Regnier einmal nicht mit rechtwinkeligen Stromstößen von begrenzter Zeitdauer, sondern mit Condensatorentladungen gereizt haben. Ferner besteht in der Methodik ein weiterer Unterschied darin, daß die Autoren stets mit dem doppelten Schwellenwert gereizt haben. Es veränderte sich also der Schwellenwert. Wir haben dagegen stets die ursprüngliche Spannung im Versuch nicht geändert.

Unsere Ergebnisse stimmen mit denen von Cardot und Regnier aber doch insofern überein, als wir auch ein Geringerwerden der Zeitwerte fanden. Gerade dieser letzte Befund interessiert nun besonders, da wir ihn bei Novokaininjektion

am Muskel, weder bei direkter noch bei indirekter Reizung nachweisen konnten.

Die sonstigen Untersuchungen über die elektrische Erregbarkeit sind vorwiegend bei Menschen nur mit faradischem und galvanischem Strom angestellt und am Frosch wurde der Muskel durch Oeffnungsinduktionsströme gereizt. Es finden sich zum Teil widersprechende Angaben. Es sei betont, daß man die Verhältnisse am isolierten Präparat selbstverständlich mit denen am durchbluteten Muskel nicht ohne weiteres gleichsetzen kann. Meyer und Weiller fanden, daß die Lösung einer Tetanusstarre nach Injektion von 20—60 ccm Novokainlösung eintrat, wobei noch die indirekte Erregbarkeit gut erhalten war. Erst bei noch größeren Mengen 80 ccm gleicher Lösung fanden sie eine Herabsetzung der indirekten faradischen Erregbarkeit. A. Frölich und H. H. Meyer glaubten nach 10—15 ccm Injektion einer 1% iger Lösung keine Aenderung der elektrischen Erregbarkeit zu finden, während sie aber gleichzeitig eine Tonusherabsetzung nachwiesen. Liljenstrand & Magnus zeigten durch Injektion von $^1/_2$—1 ccm 1% iger Novokainlösung in den Triceps von Katzen, daß die Schwelle für den faradischen Reiz, sowohl bei direkter wie besonders bei indirekter Reizung unverändert geblieben ist. Erst größere Dosen, 4—8 ccm Lösung hoben die Reizbarkeit vom Nerven auf, während der Muskel noch faradisch erregbar war.

Daß die indirekte Erregbarkeit, wie in den Versuchen von Liljenstrand & Magnus gefunden wurde, erlischt, ist in Uebereinstimmung mit unseren Versuchen. Daß demgegenüber geringere Mengen wie in den Versuchen von Meyer und Weiller und A. Fröhlich und H. H. Meyer keine Veränderung bewirken soll, ist nach der genauen Analyse in unseren Versuchen unwahrscheinlich. Man muß einmal genau die Zeit nach der Imbibition kennen und den wirklichen Effekt sieht man nur, wenn die Muskelzuckung kurvenmäßig registriert wird. Daß auch dann schon eine Abnahme der Zuckungshöhe erfolgt, die allerdings bei einfacher faradischer Reizung nicht zu sehen ist, ist anzunehmen.

Die wiederholt gemachte Angabe, daß die direkte Muskelerregbarkeit erlischt, können wir nicht bestätigen. Der Muskel ist stets erregbar geblieben, jedoch unter anderen Bedingungen, wie wir oben ausgeführt haben.

Die Veränderungen der elektrischen Erregbarkeit, wie wir sie analysieren konnten, sind nur sehr schwer zu erklären. Die Frage der Wirkungsweise des Novokains ist verknüpft mit dem Problem der Innervation des Muskels und den Theorien über den Kontraktionsvorgang des Muskels selber. Es würde zu weit führen, die Wirkung vom Standpunkt verschiedenartigster Theorien zu erörtern.

Als das wesentlichste Ergebnis unserer Untersuchungen möchten wir die Tatsache hervorheben, daß der Zeitschwellenwert bei direkter Muskelreizung ansteigt. Ebenso ist bemerkenswert, daß dieser Wert bei der Nervenreizung nicht ansteigt. Um diesen auffälligen Kontrast zu erklären, sind mehrere Deutungen möglich. Wir haben nachgewiesen, daß der Muskel durch die Einwirkung des Novokains eine Veränderung seiner Erregbarkeit erleidet, als deren Ausdruck wir die Erhöhung des Zeitschwellenwertes sehen. Man kann sich vorstellen, daß die Einwirkung des Novokains aber doch nicht so gleichmäßig erfolgt, daß wirklich alle Teile des Muskels gleichzeitig betroffen werden. Nach den von Lapicque begründeten Theorien über den Isochronismus von Nerv und Muskel ist zu erwarten, daß infolge einer Veränderung der Erregbarkeit des Muskelgewebes ein Reiz vom Nerven, dessen Zeitschwellenwert unverändert ist, ohne Erfolg bleibt. Auf diese Weise kann man gut das vollständige Erlöschen der Erregbarkeit in unseren Versuchen erklären, und das Kleinerwerden der Zuckungshöhen beruht sodann darauf, daß immer mehr Muskelfasern infolge Eindringens des Novokains in den Muskel gegen den vom Nerv geleiteten Reiz unregbar bleiben. Nur diejenigen Muskelfasern, deren Erregbarkeit noch nicht geschädigt ist, sprechen auf den Nervenreiz an und dieser Reizerfolg ist entsprechend der Zahl ungeschädigter Muskelfasern verschieden groß. Im Laufe des Versuchs wird er geringer, weil die Zahl der geschädigten Fasern größer wird.

Einer solchen Deutung stehen aber doch gewichtige Bedenken entgegen und zwar müßte man, wenn diese theoretischen Ueberlegungen richtig sein sollten, auch bei direkter Reizung eine geringe Zuckung mit einem unveränderten Zeitschwellenwert auslösen können, denn die nicht geschädigten Fasern müßten bei direkter Reizung ebensogut wie bei indirekter Reizung ohne Veränderung des Zeitschwellenwertes ansprechen. Das tun sie aber nicht, wie aus den Versuchsprotokollen hervorgeht.

Es erscheint uns daher nicht ohne weiteres angängig, diese Erscheinungen aus der Technik des Versuches zu erklären. Jedenfalls ist diese Frage doch so bedeutungsvoll, daß man sie in weiteren im Prinzip anders angelegten Versuchen wird klären müssen. Zunächst muß man doch darin einen Hinweis sehen, der die Gültigkeit der Lehre von dem Isochronismus in Frage stellt.

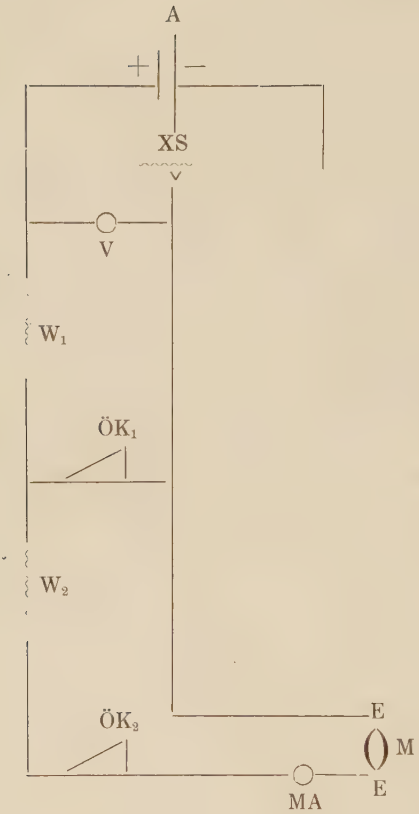
Zum Schlusse spreche ich Herrn Prof. Grund für die Uebertragung des Themas, Herrn Oberarzt Dr. Harald Siems für die Unterstützung bei den Versuchen meinen ergebensten Dank aus.

Schrifttum.

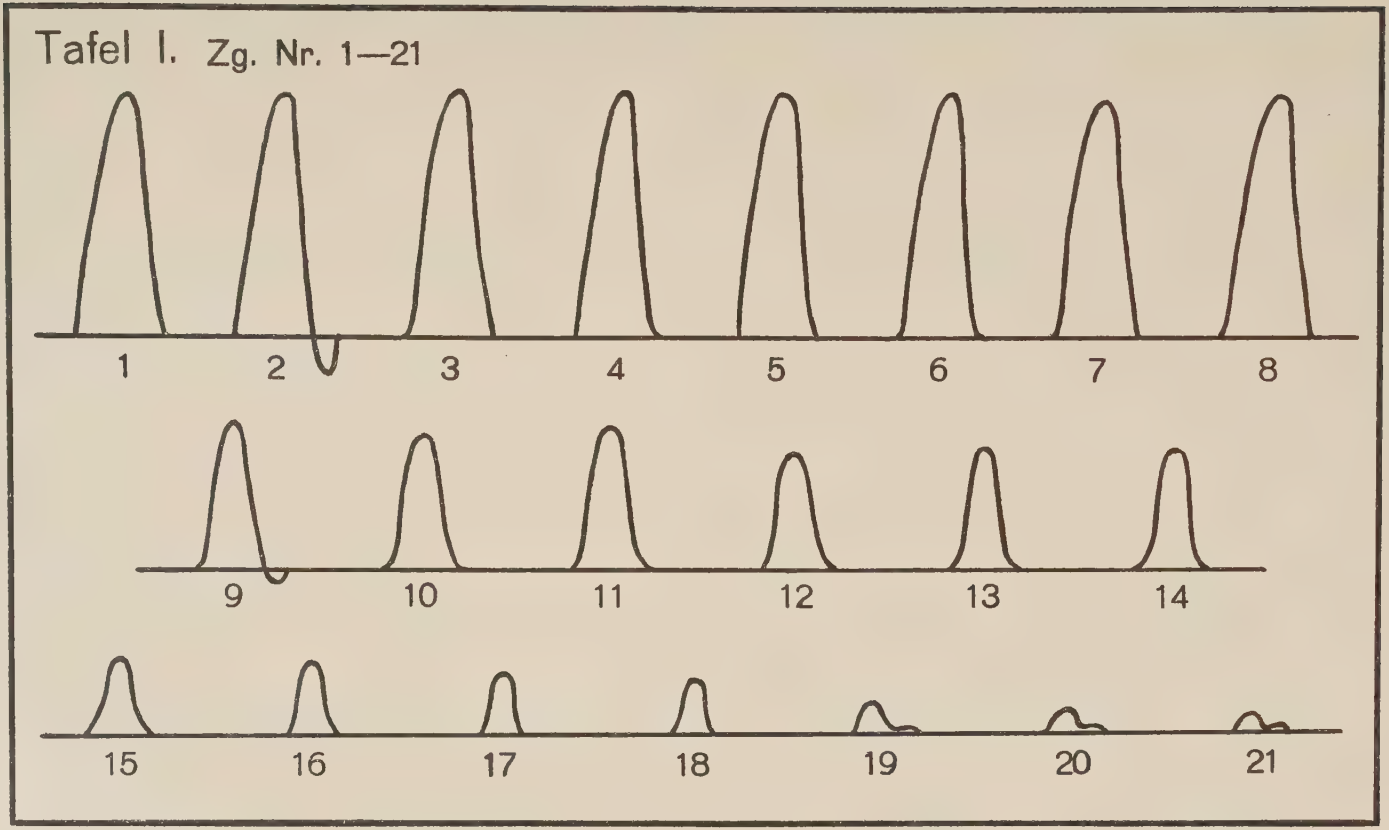
1. Mosso: Pflüger's Arch. 1890, Bd. 47. S. 567.
2. Alms: Arch. f. Anat. u. Phys. Suppl.-Bde. 1886.
3. Riesser & Neuschloß: Arch. f. experim. Path. u. Pharm. Bd. 92. S. 254.
4. Schüller & Athmer: Arch. f. experim. Path. u. Pharm. Bd. 91. S. 125.
5. Frank & Katz: Arch. f. experim. Path. u. Pharm. Bd. 90. S. 149.
6. E. Meyer & Weiler: Münch. Med. Wchschr. 1914. S. 1525.
7. A. Fröhlich und H. H. Meyer: Münch. Med. Wchschr. 1917. S. Nr. 9.
8. O. Schmiedeberg: Arch. f. experim. Path. u. Pharm. Bd. 82.
9. Liljenstrand & Magnus: Pflüger's Arch. Bd. 176. Jahrg. 1919.
10. Grund: Münch. Mediz. Wochenschr. 1913. Heft 16 u. 17.
11. Siems: Dissertation 1925.
12. F. H. Lewy: Klin. Wochenschr. 1929. S. 814.
13. Carotot et Regnier: Bulletin des Sciences Pharmacologiques. Ann. 1928. I. 33; 1926. I. S. 10. Mem. Org.
14. — Comptes renolus de la Soc. de Biologie 95/1926. S. 1247.
15. Laugier: Hdb. d. biol. Arbtsmeth. E. Abderhalden. Abt. V. Teil 5, Heft 5. S. 787.

Zeichnung 1.

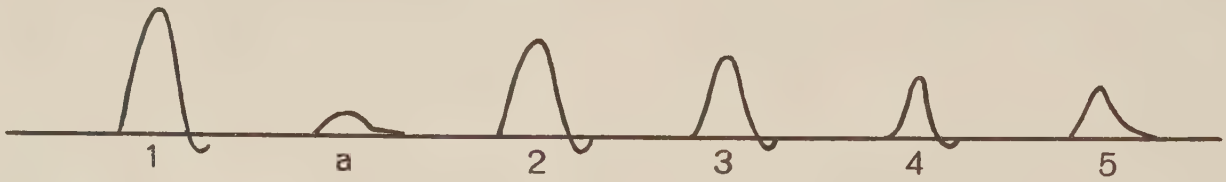
Schaltschema



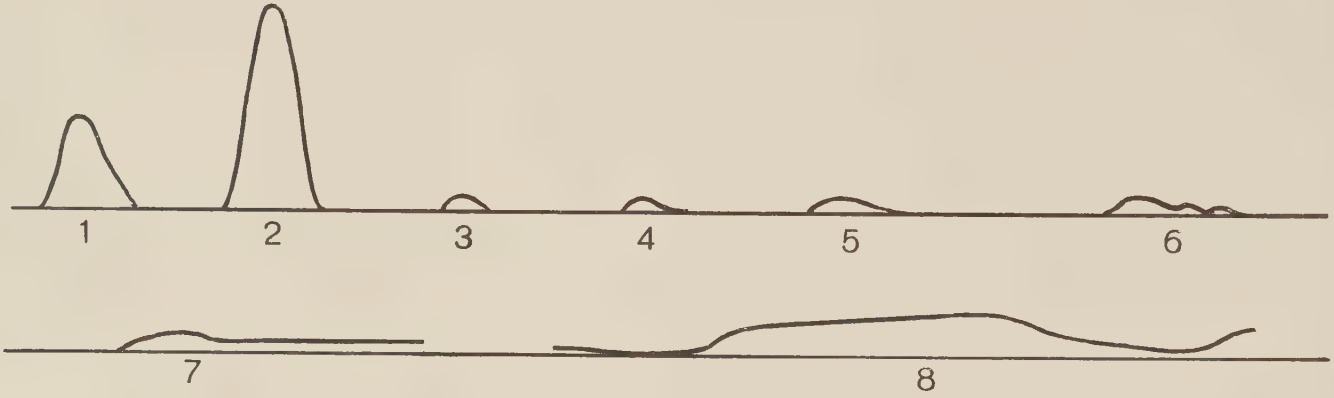
A = Accumulatorenbatterie
SX = Spannungsteiler
V = Voltmeter
W_1 = W_2 = Widerstand je 10000 m
$ÖK_1$ u. $ÖK_2$ = Öffnungskontakte der Helmholtzpendel
MA = Milliampèremeter
EE = Silberchloridelektroden
M = Muskel oder Nerv


Tafel I. Zg. Nr. 1—21
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21

Tafel II. Zg. Nr. 1—5



Tafel III. Zg. Nr. 1—8



Tafel IV. Zg. Nr. 1—7

Lebenslauf.

Ich, Hans Sommer, wurde geboren am 13. September 1898 zu Bernburg in Anhalt, als Sohn des praktischen Arztes Dr. med. Paul Sommer. Ich besuchte die Vorschule und das Karls-Gymnasium meiner Vaterstadt und machte, als ich zur Ableistung meiner Kriegsdienstpflicht eingezogen wurde, das Notabiturium. Nach kurzer Ausbildungszeit nahm ich noch fast ein Jahr an den Kämpfen im Westen teil. Nach meiner Entlassung aus dem Feldartillerie-Reg. Nr. 40 nahm ich zunächst das Studium der Veterinärmedizin an der tierärztlichen Hochschule zu Dresden auf. Später wandte ich mich dem Studium der Humanmedizin an der Universität Halle zu. Am 29. Juli 1931 bestand ich das Staatsexamen.

Als Medizinalpraktikant war ich vom August 1931 bis zum 15. Januar 1932 an der Medizinischen Poliklinik zu Halle, und bin seitdem in gleicher Eigenschaft am Allgemeinen Krankenhaus zu Bitterfeld tätig.

Meine Lehrer waren:

Stieve, Abderhalden, Wetzel, Eisler, Beneke, Kochmann, Volhard, Grote, Haasler, Budde, Schmidt, Voelker, Seelheim, Schiek, Denker, Grouven, Anton, Stöltzner, Klausen, Grund, Schultz, Brugsch, Volkmann und Linnert.